

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number **11095195 A**

(43) Date of publication of application: 09.04.99

(51) Int. Cl.

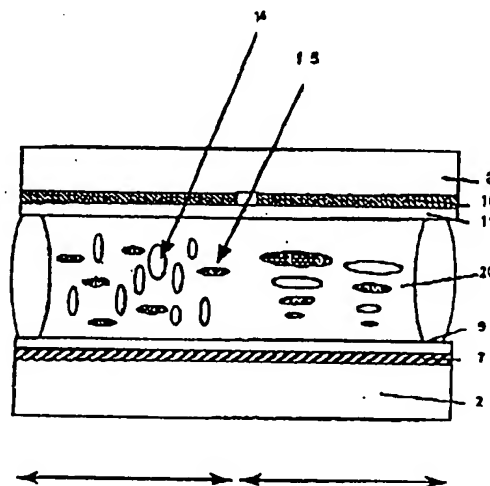
**G02F 1/1333****G02F 1/137**(21) Application number **09272038**(22) Date of filing: **17.09.97**(71) Applicant: **SHARP CORP**(72) Inventor: **UEKI TAKASHI  
MITSUI SEIICHI  
OKAMOTO MASAYUKI****(54) HIGH POLYMER DISPERSION TYPE LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE AND ITS PRODUCTION****(57) Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a high polymer dispersion type liquid crystal display device which is good in contrast, has the excellent threshold characteristics and uniform display quality, is low in driving voltage as a reflection type and is highly reliable and a process for production capable of easily and stably producing this element.

**SOLUTION:** The liquid crystals of this high polymer dispersion type liquid crystal display device are a liquid crystal phase in the compatible state of the liquid crystals 14 and UV curable liquid crystals and form a liquid crystal-cured high-polymer composite phase when the liquid crystals 14 and the UV curable liquid crystals are cured to cause phase sepn. by UV light. Further the liquid crystals are held between substrates 2 and 3 having two oriented layers. Transparent electrodes 10 are included in the inner flanks of at least one substrate. In addition, the liquid crystals are put into a light scattering state by electric field impression and are parallel or twist oriented in the same direction at the time of no impression of electric fields. The liquid crystal layers among the liquid crystal/cured high-polymer composite layers 20 are

continuous and the double refractive cured high-polymer layers of the high-polymer layers exhibit double refractivity and are formed as a three-dimensionally continuous fibrous matrix.

COPYRIGHT (C)1999.JPO

液晶状態 (A)  
液晶印加時液晶状態 (B)  
電圧印加時

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	FI	
G 0 2 F 1/1333		G 0 2 F 1/1333	
1/137	5 0 0	1/137	5 0 0

審査請求 未請求 請求項の数 9 FD (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-272038  
 (22) 出願日 平成9年(1997) 9月17日

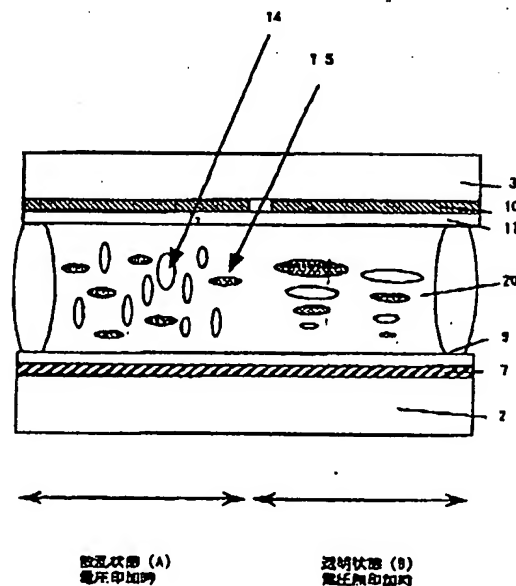
(71) 出願人 000005049  
 シャープ株式会社  
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
 (72) 発明者 植木 俊  
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
 ャープ株式会社内  
 (72) 発明者 ミツ井 耕一  
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
 ャープ株式会社内  
 (72) 発明者 岡本 正之  
 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
 ャープ株式会社内  
 (74) 代理人 弁理士 梅田 勝

(54) 【発明の名称】 高分子分散型液晶表示装置およびその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 コントラストが良好で、特性に優れ、表示品質が均一で、さらに反射型としては低駆動電圧であり、信頼性の高い高分子分散型液晶表示装置及びこの素子を容易に安定して製造することのできる製造方法を提供する。

【解決手段】 液晶とUVキュアラブル液晶とが相溶した状態では液晶相であり、前記液晶と前記UVキュアラブル液晶とをUVで硬化・相分離させると液晶・キュアド高分子複合相を形成し、更に、二枚の配向膜を具備する基板の間に挟持され、少なくとも一方の基板の内側面に透明電極を具備し、かつ、電界印加により光散乱状態、電界無印加時には同一方向に平行あるいはツイスト配向する高分子分散型液晶表示装置において、前記液晶・キュアド高分子複合層のうち、液晶層は連続し、かつ高分子層は複屈折キュアド高分子層が複屈折性を示し、かつ3次元的に連続した繊維状マトリックスとして形成されることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液晶とUVキュアラブル液晶とが相溶した状態では液晶相であり、前記液晶と前記UVキュアラブル液晶とをUVで硬化・相分離させると液晶・キュアド高分子複合相を形成し、該液晶・キュアド高分子複合層は二枚の配向膜を具備する基板の間に挟持され、少なくとも一方の基板の内側面に透明電極を具備し、かつ、電界印加により前記液晶を電界方向に配向させると光散乱状態となり、前記液晶及び前記キュアド高分子は、電界無印加時には同一方向に平行あるいはツイスト配向してなることを特徴とする高分子分散型液晶表示装置において、前記液晶・キュアド高分子複合層のうち、液晶層は連続し、かつ高分子層は複屈折キュアド高分子層が複屈折性を示し、かつ3次元的に連続した繊維状マトリックスとして形成されてなることを特徴とする高分子分散型液晶表示装置。

【請求項2】 前記3次元的に連続した繊維状マトリックスのキュアド高分子の、基板から見てラビング方向とは垂直方向にとったマトリックスの平均幅が $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の高分子分散型液晶表示装置。

【請求項3】 前記3次元的に連続した繊維状マトリックスのキュアド高分子間の平均空隙間隔が長軸 $2\sim 5\mu\text{m}$ 、かつ短軸 $0.5\sim 2\mu\text{m}$ に分布し、かつラビング方向に面長な形状であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の高分子分散型液晶表示装置。

【請求項4】 前記液晶に対する前記キュアド高分子の割合が $5\sim 30\%$ であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の高分子分散型液晶表示装置。

【請求項5】 前記液晶の複屈折 $\Delta n$ と前記2枚の基板間の距離 $d$ の積であるリターデーション $\Delta n \times d$ の値が $0.30$ から $1.30\mu\text{m}$ の範囲であることを特徴とする請求項1乃至請求項4記載の高分子分散型液晶表示装置。

【請求項6】 前記液晶、もしくは前記UVキュアラブル液晶の少なくともどちらか一方が、カイラル成分を含むことを特徴とする請求項1乃至請求項5記載の高分子分散型液晶表示装置。

【請求項7】 請求項1乃至請求項6記載の高分子分散型液晶表示装置において、液晶とUVキュアラブル液晶とを加熱相溶して混合すると共に前記液晶及びUVキュアラブル液晶を同一方向に配向させ、その後、冷却して液晶相にすることにより、前記液晶と前記UVキュアラブル液晶とを共に配向状態を保ったまま硬化・相分離することを特徴とする高分子分散型液晶表示装置の製造方法。

【請求項8】 請求項1乃至請求項6記載の高分子分散型液晶表示装置において、液晶とUVキュアラブル液晶とを加熱相溶して混合すると共に前記液晶及びUVキュアラブル液晶を同一方向に配向させ、その後、冷却して

液晶相にし、電界あるいは磁界を印加し、前記液晶と前記UVキュアラブル液晶とを共に配向状態を保ったまま硬化・相分離することを特徴とする高分子分散型液晶表示装置の製造方法。

【請求項9】 吸収型カラーフィルターを通して、または、液晶セルの上に任意形状のマスクを配置してUV照射することを特徴とする請求項7または請求項8記載の高分子分散型液晶表示装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、液晶と高分子を互いに分散させた高分子分散型液晶表示装置及びその製造方法に関し、さらに詳しくはワードプロセッサやいわゆるノート型パーソナルコンピュータなどのオフィスオートメーション機器や、各種映像機器およびゲーム機器などに好適に実施される反射型液晶表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 現在、液晶表示装置は、時計、電卓、コンピュータ端末、ノート型コンピュータ、ワープロ等のディスプレイに広く用いられており、さらには、テレビジョン受像器用ディスプレイとしてブラウン管に代わり応用されるようになった。そして、液晶表示装置の中でも、外部から入射した光を反射させて表示を行う反射型液晶表示装置は、光源となるバックライトが不要であるため、更に消費電力が低く、かつ薄型、軽量化が可能であり、注目されている。

【0003】 反射型液晶表示装置では、従来、TN（ツイステッドネマティック）方式、およびSTN（スーパーツイステッドネマティック）方式が用いられている。これらのTN方式あるいはSTN方式の液晶表示素子を反射型液晶表示装置として適用する場合、表示方式の原理の点で液晶表示素子を一对の偏光板で挟む構成にし、その外側に反射板を設置しなければならない。このため、液晶表示素子に用いられるガラス基板の厚さゆえ、使用者がガラス基板を見る角度、すなわちガラス基板の法線方向と前記使用者が液晶表示素子を見る方向とのなす角度によって視差が生じ、表示が二重に認識されるといった問題点がある。

【0004】 また、カラー化に関しては、従来より液晶セル内部の表示1画素毎に例えば、3ドット（赤、緑、青）のマイクロカラーフィルタを設け、加法混合によりマルチカラー表示やフルカラー表示が行われる。

【0005】 しかしながら、上記液晶表示モードは偏光板を2枚用いる方法であるため、非常に表示は暗く、さらに上記視差の発生により加法混色が良好に行われないため、反射型カラー表示装置には適さなかった。

【0006】 そこで、近年、偏光板が不要で、液晶と高分子の屈折率の差を利用した高分子分散型液晶（polymer dispersed liquid crystal）の表示素子が開発されている。この高分子分

散型液晶表示装置は、液晶と高分子を互いに分散させて、これらを相分離させた液晶表示素子である。その動作原理は、電界の印加又は除去により、両者の屈折率が一致すると光を透過する透明状態となり、両者の屈折率が相違すると、光を散乱する白濁状態となるものである。

【0007】更に、二色性色素を添加した液晶・高分子複合表示素子も開発されている(Society for Information Display International Symposium Digest of Technology Papers, 講演番号12.1, May 1990)。この高分子分散型液晶表示装置は、二枚の透明基板間で挟持された液晶・高分子複合層において、液晶中に二色性色素を添加したものである。この素子では、電界無印加では、液晶と高分子とが屈折率に差がある為、入射した光は散乱する。ここで、二色性色素は液晶と同様に無秩序に配向しているために、散乱した光により、色素の色が観察される。また、この素子に電界印加すると、色素を含む液晶が電界方向に揃い、電界方向において、液晶と高分子との界面に屈折率の差が無くなり、素子は透明となる。この素子の裏面には、背景として散乱反射膜を置くのが一般的である。

【0008】ところが、この高分子分散型液晶表示装置は、液晶のドロップレットが高分子中に分散しており、しかも、高分子が無秩序に配向しているため、液晶と高分子との屈折率を一致させた場合でも、十分な透過状態が得られず、完全な透明状態とならなかった。また、液晶のドロップレット径が不揃いのため、表示品質が均一でなく、信頼性に欠けていた。更に、電界無印加のときには、液晶も無秩序に配向している為、各液晶分子は電界に対する応答が不揃いとなり、素子全体としての透過率特性の閾特性が急峻でなかった。

【0009】また、高分子の屈折率と、液晶の平均屈折率との差が小さい為、液晶と高分子との屈折率を異ならせるときでも、十分な後方散乱が得られず、十分不透明とならなかった。散乱度を上げるために、液晶・高分子複合層を厚くすると、駆動電力が数十ボルトと向くなる問題も生じる。

【0010】また、二色性色素を添加した高分子分散型液晶表示装置の場合には、電界の印加又は除去により、透明状態か色素の色を切り替えて表示するのであるが、色素の含量が少ないと十分な暗表示が得られない。また、色素の含量を増やすと表示が暗くなり、駆動電圧も高くなるなどの課題を有している。

【0011】そこで、特開平5-119302号公報には配向させた高分子分散型液晶表示装置が提案されている。この表示素子は、液晶と高分子をお互いに配向分散した構造であり、電圧が無印加では光散乱度が小さく透明で、二色性色素が添加されているば色素の色に着色する。これに電圧を印加すると、高分子と液晶の屈折率の差が大きければ光散乱度が増大し白色になり、これらの

屈折率の差が小さければ透明に変化する。そのため、電圧の有無によって、透過—散乱(白色)、あるいは二色性色素を添加すれば、複屈折率の差が大きければ吸収—散乱(若色—白色)、複屈折率の差が小さければ吸収—透過(若色—透明)の二状態を制御することが出来る。

【0012】さらに、特開平7-218905号公報には、一枚の偏光板と配向させた高分子分散型液晶とを組み合わせた液晶表示装置も開示されている。これらは、バックライトや偏光板を用いることなく、従来の液晶表示モードでは実現不可能であった若色—白色を、電界の有無によって制御できるという特色を持っている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来例で述べたような液晶と高分子をお互いに配向分散させた構造において、電圧が無印加では、光散乱度が小さく透明、電圧を印加で、光散乱度が増大し白色状態となる、いわゆるリバース型PDLICでは、十分な明るさとコントラストを実現しようとする駆動電圧が高くなり、駆動電圧を低くしようとする十分な明るさとコントラストを実現できないといった問題点を有している。

【0014】また、散乱が効率的におこる詳細な構造についても、これまでのところあまり知られていないのが実情である。

【0015】そこで、本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであって、液晶及び高分子を同一方向に配向させた液晶表示装置において、その液晶・高分子複合相の構造を明確化することにより、コントラストの良好なより明るい高分子分散型液晶表示装置を提供することを目的とする。

【0016】さらには、駆動電圧が低く、ヒステリシスの無いコントラストの良好な視認性の良い反射型表示用途の高分子分散型液晶表示装置を提供すること、容易な方法により信頼性の高い高分子分散型液晶表示装置を製造する方法を提供することをも目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明のうち請求項1記載の高分子分散型液晶表示装置は、液晶とUVキュアラブル液晶とが相溶した状態では液晶相であり、前記液晶と前記UVキュアラブル液晶とをUVで硬化・相分離させると液晶・キュアド高分子複合相を形成し、該液晶・キュアド高分子複合層は二枚の配向膜を具備する基板の間に挟持され、少なくとも一方の基板の内側面に透明電極を具備し、かつ、電界印加により前記液晶を電界方向に配向させると光散乱状態となり、前記液晶及び前記キュアド高分子は、電界無印加時には同一方向に平行あるいはツイスト配向してなることを特徴とする高分子分散型液晶表示装置において、前記液晶・キュアド高分子複合層のうち、液晶層は連続し、かつ高分子層は複屈折キュアド高分子層が複屈折性を示し、かつ3次元的に連続した繊維状マトリックスと

して形成されてなることを特徴とする。

【0018】また、本発明の請求項2記載による前記3次元的に連続した繊維状マトリックスのキュアド高分子の、基板から見てラビング方向とは垂直方向にとったマトリックスの平均幅が $2\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする。

【0019】さらに、好ましくは、前記3次元的に連続した繊維状マトリックスのキュアド高分子間の平均空隙間隔が長軸 $2\sim 5\mu\text{m}$ 、かつ短軸 $0.5\sim 2\mu\text{m}$ に分布し、かつラビング方向に面長な形状であることを特徴とする。また、前記液晶に対する前記キュアド高分子の割合が $5\sim 30\%$ であることを特徴とし、さらに好ましくは前記キュアド高分子の割合が $7\sim 20\%$ であることを特徴とする。

【0020】また、好ましくは、前記液晶の複屈折 $\Delta n$ と前記2枚の基板間の距離 $d$ の積であるリターデーション $\Delta n \times d$ の値が $0.30$ から $1.30\mu\text{m}$ の範囲であることを特徴とし、前記液晶、もしくは前記UVキュアラブル液晶の少なくともどちらか一方が、カイラル成分を含有することを特徴とする。

【0021】また、液晶層が二色性色素を含んで構成されてもよい。また、より駆動電圧が低く、ヒステリシスの小さいコントラストの良好な視認性の良い、反射型表示に適用するため、前記二枚の基板の一方の光の入射側と反対の内側面に反射層を兼ねた電極を具備する構成でも良く、さらに、前記二枚の基板の一方の光の入射側に偏光板を一枚配置することにより、更なるコントラストの向上を図ることが可能となる。

【0022】さらに、前記高分子分散型液晶表示装置の製造方法については、請求項7記載の発明によると、液晶とUVキュアラブル液晶とを加熱相溶して混合すると共に前記液晶及びUVキュアラブル液晶を同一方向に配向させ、その後、冷却して液晶相にすることにより、前記液晶と前記UVキュアラブル液晶とを共に配向状態を保ったまま硬化・相分離する、か或いは、液晶とUVキュアラブル液晶とを加熱相溶して混合すると共に前記液晶及びUVキュアラブル液晶を同一方向に配向させ、その後、冷却して液晶相にし、電界あるいは磁界を印加し、前記液晶と前記UVキュアラブル液晶とを共に配向状態を保ったまま硬化・相分離することを特徴とする。また、前記製造方法において、吸収型カラーフィルターを通して、または、液晶セルの上に任意形状のマスクを配置してUV照射することを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】

<実施形態1>以下、本発明の実施形態について、詳細に説明する。本発明の第1の実施形態に係る高分子分散型液晶表示装置の構造断面図を図1に示す。同図に示すように二枚の透明な基板2、基板3の間には液晶・高分子複合層20が挟持され、この液晶・高分子複合層20

は、キュアド高分子15の繊維状マトリックスが凝集して3次元的に連続したネットワークを形成した中に、液晶14が相分離した状態となっている。液晶層はドロップレットではなく、連続体相となっている。

【0024】ここで、キュアド高分子15を形成するための、UVキュアラブル液晶としては、室温で液晶相を示し、液晶14と相溶し、その後の紫外光（以後UV光と略記する）照射により硬化し、高分子形成される場合に、液晶14と相分離するものを使用する。液晶14としては、電界方向と平行方向に配向する正の誘電異方性を有する液晶を使用する。以後、本実施形態において、UV照射前がUVキュアラブル液晶、UV照射後をキュアド高分子と称する。

【0025】二枚の基板2、3は、内側面にそれぞれ透明電極7、10を具備し、更に、その上にはそれぞれ配向膜9、11を形成する。該配向膜9、11には、二枚の基板2、3の間に封入されたカイラル剤を含む液晶14とUVキュアラブル液晶とを、当該基板2、3と平行な方向に配向させる配向処理を施す。キュアド高分子15は、配向する際は液晶相であるが、その後、光重合反応により硬化されることにより、その配向状態が保たれたまま固定化され、電場応答できなくなる。よって、キュアド高分子15は、その後、電界が印加されても、配向方向が電界方向に揃うことはない。また、液晶14は、配向状態が固定されていない為、電界を印加すると、電界方向に揃うことになる。

【0026】従って、電界無印加の場合、キュアド高分子15と液晶14の配向方向は、基板2、3に対して平行方向に一致する状態となり、この状態において、両者の屈折率を一致させることにより、上記表示素子は透明状態となる。また、透明電極7、10の間に電源を接続して、液晶・高分子複合層20に電界印加すると、液晶14の配向方向が電界方向に揃うため、液晶14とキュアド高分子15と界面で屈折率の不一致により光散乱状態となり、表示素子は白濁状態となる。

【0027】尚、キュアド高分子15としては、液晶相のUVキュアラブル液晶を一枚の基板2、3の間に封入した後、UVを照射して重合すると、液晶と相分離でき、高分子の針状連続体マトリックスを形成するものであれば、本発明に適用可能である。

【0028】次に、上記図1に示す高分子分散型液晶表示装置の作製方法について説明する。まず、二枚の透明な基板2、3の表面に、透明電極7、10を蒸着法により形成した。更に、透明電極ITO7、10の表面にポリイミドとして、SE-150（商品名、日産化学社製）の2%溶液を2000r.p.m.にてスピンコートして配向膜9、11とした。その後、配向膜9、11の形成された二枚の基板2、3を150℃にて焼成した。焼成後、配向膜9、11の表面に配向処理を施した。配向処理として、表面を一方方向にラビング処理を行なった。ラ

ビング方向は二枚の基板2、3を組み合わせたときにラビング方向が平行となるようにした。

【0029】これら二枚の基板2、3の配向膜9、11を向かい合わせて間隙が4.5 $\mu$ mになるように固定した。以下、この間隙をセル厚と呼ぶ。この間隙中にUVキュアラブル液晶と液晶を85:15の割合で相溶して混合したものを封入した。液晶としては $\Delta n=0.126$ のZLI-1565（商品名、メルク社製）を使用した。引続き、UVキュアラブル液晶と液晶の混合物を徐冷し、室温にて紫外線を照射してUVキュアラブル液晶を重合して硬化させると共に、液晶14とキュアド高分子15として相分離させた。

【0030】上記のようにして製造された表示素子の動作原理について、図2を用いて説明する。図2に示す液晶、キュアド高分子は、ほぼ同様の屈折率異方性を示すものを利用しており、配向方向と平行方向における屈折率は1.5程度、配向方向と垂直方向の屈折率は1.63程度である。従って、図2(B)に示すように、電界無印加時には、液晶がキュアド高分子と同方向に配向している為、上下の基板と垂直方向な方向における液晶とキュアド高分子の屈折率は一致する。従って、この時、素子はほとんど透明な状態となり、透過率は90%となった。

【0031】一方、上下の電極との間に電源を接続し、高分子・液晶複合層に電界印加すると、図2(A)に示すように、キュアド高分子の配向方向はそのままであるのに対し、液晶だけが電界方向、つまり、上下の基板に対して垂直な方向に配向する。このため、原理的には、上下の基板と垂直な電界方向において、キュアド高分子の屈折率は1.63程度のものであるのに対し、液晶の屈折率は1.5程度となる。従って、電界方向における液晶とキュアド高分子での屈折率の差は0.13程度生じることとなり、上下の基板と垂直な方向から入射した光は散乱することになる。そこで、二つの電極間に60Hz、7Vなる交流電界を印加したところ、高分子と液晶の屈折率の差により、白濁状態となった。電圧無印加と電圧印加による透過状態と透明状態とのコントラスト比は、10程度以上と良好な値が得られた。

【0032】また、この液晶表示素子の液晶・高分子複合相20をエタノールで洗浄し、液晶を洗い流してから、基板に張り付く形で残された高分子を走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて観察したところ、図3に示す写真のように、方向性(異方性)を有する3次的に連続な繊維状で、ネットワーク状の高分子の形成を確認することができた。

【0033】なお、上記実施形態では、カイラル剤を液晶のみに添加した場合を述べたが、UVキュアラブル液晶のみでも良く、さらに両方に添加しても良い。このとき、どちらの場合においても、液晶層の液晶とUVキュアラブル液晶が、上下の基板のラビングの通りにツイス

ト配向し、良好な表示が行えることを確認した。

【0034】また、液晶とUVキュアラブル液晶とを加熱相溶して混合すると共に前記液晶及びUVキュアラブル液晶を同一方向に配向させ、その後、冷却して液晶相にし、電界あるいは磁界を印加しながら、前記液晶と前記UVキュアラブル液晶とを共に電界あるいは磁界を印加した配向状態を保ったまま硬化・相分離した場合も同様な液晶表示素子を作製することができた。

【0035】また、RGBのカラーフィルターを通して液晶セルにUVを照射した場合も、同様な効果を有する液晶表示素子が容易に作製でき、信頼性の高い良好なカラー表示を行うことができた。

【0036】＜実施形態2＞第2に、反射型の高分子分散型液晶表示装置についての実施形態を示す。基本的構成は、図1に示す実施形態1と同様である。ただし、図1の一方の基板2上の電極7として、透明導電性材料に代えて、アルミニウム等の金属材料を使用する。従って、表示素子に入射した光は、反射層である電極7で反射するため、液晶・高分子複合層を往復することになる。

【0037】次に、液晶・高分子複合層の表面および断面の形状をSEMを用いて観察した。その結果、液晶層中の高分子の形状が非常に特徴的であり、この形状が反射特性に大きな影響を与えることを、本願発明者らは見いだした。このSEM像の代表例(写真)を図3に示すが、液晶・高分子複合層20の中で、高分子相では複屈折性を示すキュアド高分子が、液晶と同様に平行もしくはツイスト配向して、キュアド高分子の配向方向に細長く向きの揃った繊維状のマトリックスを形成し、さらにこの繊維状のマトリックスが凝集して3次的に連続したネットワークを形成していた。このネットワークの形状は、繊維状のマトリックスがラビング方向に伸びるように異方性を有しており、かつ、そのマトリックス間には、ラビング方向に面長な形状に間隔が開いている。また、このネットワークは、基板面から見て、ラビング方向と垂直方向に、繊維状マトリックスの幅を取ると、その平均幅が0.2~5 $\mu$ m程度であり、かつ繊維状マトリックス間の平均空隙間隔が、基板面から観察して、ラビング方向に面長な形状に形成されていた。

【0038】また、液晶相はドロップレット形状ではなく、3次的に連続な相として形成されていた。そして、このように形成された高分子の相を有する反射型液晶表示装置は、駆動電圧が低く、応答速度も十分に早いことを確認した。

【0039】次に、背面にミラーを配置した構造において、その反射特性を測定した結果、その特性が高分子15の構造に大きく依存していることを、本願発明者らは見いだした。即ち、図4に示すように、3次的に連続なネットワーク状に形成された繊維状の高分子の、基板面から見てラビングとは垂直方向にとったマトリックス

の平均幅が $2\mu\text{m}$ 以下で、繊維状のものがあまり凝集せず、均一に分散された場合は強い散乱反射が得られるが、 $2\mu\text{m}$ 以上になると、急激に反射強度が低下してしまうことが解った。さらに、ネットワークを構成する繊維状のキュアド高分子間の平均空隙間隔が基板面から観察すると、長軸 $2\sim 5\mu\text{m}$ 、短軸 $0.5\sim 2\mu\text{m}$ 程度のラビング方向に面長な形状である場合が最も強い散乱反射が得られた。

【0040】ここで、キュアド高分子の形状は紫外線を照射するパワーにより制御可能であった。例えば、照射パワーを大きくすると、繊維状のマトリックスの幅が比較的狭くなり、照射パワーを小さくすると繊維状マトリックスの幅が比較的太くなる。さらに、セル厚やキュアド高分子と液晶との相互作用の強弱に因っても形状は影響されることが解った。よって、液晶材料やセル厚に応じて、望ましい繊維形状が得られるように、紫外線照射パワー等を適宜設定しする必要がある。

【0041】次に、背面にミラーを配置した構造において、散乱性を向上させる為に、液晶14の屈折率異方性 $\Delta n$ とセル厚 $d$ の積であるリターデーション $\Delta nd$ に依存性があることを本願発明者らは見出した。その関係を図5に示す。散乱性そのものは液晶の屈折率異方性が大きいほど高くなることを確認している。しかしながら、背面に鏡面ミラーを配置し、図1のように光の入射側に屈折率1.5の物質が接した場合には、液晶層の散乱が強すぎる( $\Delta nd > 1.3$ )と、光が液晶層から射出する際にこの大部分が全反射され、再び反射ミラーに戻ってしまうため、クロストークの生じた表示になる。そこで、反射ゲインが高く、散乱においてもクロストークが生じないような良好な反射特性を得るためには、液晶層の $\Delta nd$ 値が $0.3\mu\text{m}$ から $1.3\mu\text{m}$ の範囲であることが望ましい。

【0042】また、本願発明者らはUVキュアラブル液晶の $\Delta n$ と液晶の $\Delta n$ を必ずしも合わせる必要の無いことも見いだしている。例えば、 $\Delta n = 0.130$ のUVキュアラブル液晶に対して、 $\Delta n = 0.087$ のSD-5078(商品名 チッソ社製)を用いても初期状態で散乱は殆ど起こらないことを確認している。

【0043】また、UVキュアラブル液晶の含有量についても本願発明者らは検討した。図1の構成のセルの背面にミラーを配置し、液晶と、UVキュアラブル液晶の割合を変えて20Vの電圧を印加して、反射ゲインを測定した結果を表1に示す。

【0044】

【表1】

UVキュアラブル液晶の 重量分率(%)	反射ゲイン
5	1.1
7	2.1
10	2.5
15	2.8
20	2.3
30	0.7

【0045】この結果より、UVキュアラブル液晶の含有量は、液晶・高分子複合層の5%から30%で、ある程度の反射ゲインが得られるが、含有量がこれより多いと電界に対して応答しにくくなり、また、これより少ないと散乱性が低下することがわかる。その結果、好ましくは7%から20%程度の含有量が適当である。

【0046】本実施形態では、電極7が反射層を兼ねていたが、電極7の他に反射層を付加するようにしても良い。本実施形態では平行配向のみについて記述したがツイストした液晶・高分子複合層でも同様な効果があることを確認している。また、任意形状のマスク、例えば $1\mu\text{m}$ 毎のストライプ状のマスクパターンをストライプがラビング方向と平行になるように配置して、UV光を照射した場合は、キュアド高分子の繊維状マトリックスの一つ一つがより均一な形状となって連続体を形成するため、透過状態の表示性能が向上し、また、閾特性もより急峻になって、良好な表示を行うことができた。さらに、マスクを用いて、UV硬化した場合、マスクなしで硬化する場合に比べ、同じ電圧では、わずかながらも反射ゲインが高くなることを確認した。この結果を図6に示す。

【0047】＜実施形態3＞本発明の第3の実施形態に係る高分子分散型液晶表示装置を図7に示す。本実施形態では、液晶に二色性色素を添加し、更に、一方の電極が反射層を兼ねたものである。

【0048】この素子の作製法について説明する。先ず、二枚の基板2、3に電極7、10を蒸着法により形成した。電極7は反射層を兼ねるため、アルミニウムを使用した。電極10は、透明電極ITOとした。電極7、10上にポリイミドとしてSE150(商品名、日産化学(株)製)の2%溶液を2000r.p.m.にてスピコートして配向膜9、11とし、更に $150^{\circ}\text{C}$ にて焼成した。その後、配向膜9、11の表面をラビング処理した。

【0049】これら二枚の基板2、3の配向膜9、11を向かい合わせて、セル厚が $5\mu\text{m}$ になるようにした。この間隙にUVキュアラブル液晶と液晶を重量比15:85で $100^{\circ}\text{C}$ にて混合して封入した。UVキュアラブル液晶は実施形態1と同様なものを使用した。液晶とし

ては、黒色の色素がすでに混入してあるZL1-1565とUVキュアラブル液晶の混合物を徐冷して、これらを配向させ、更に紫外線を照射してUVキュアラブル液晶を重合すると共に液晶14とキュアド高分子15として相分離させた。

【0050】このようにして製造された表示素子の動作原理について説明する。図7に示す高分子15、液晶14は、同様の屈折率異方性を示し、配向方向と平行方向における屈折率は1.5程度あり、配向方向と垂直方向の屈折率は1.63程度である。従って、図7(B)に示すように電界無印加時には、液晶14がキュアド高分子15と同方向に配向している為、基板2、3と垂直方向な方向における液晶14とキュアド高分子15の屈折率は一致する。ここで、二色性色素16は、液晶14に添加され、液晶14と同方向に配向する為、液晶14の配向方向、つまり、基板2、3に対して垂直な方向から入射した光を最も効果的に吸収する。従って、電圧無印加時は、この二色性色素16の色である黒色が表示されることになる。

【0051】一方、図7(A)に示すように電極7、10との間に電源を接続して、液晶・高分子複合層に電界を印加すると、キュアド高分子15の配向方向はそのままであるのに対し、液晶14だけが電界方向、つまり、基板2、3に対して垂直な方向に配向する。このため、基板2、3と垂直な電界方向において、キュアド高分子15の屈折率は1.63程度のままであるのに対し、液晶14の屈折率は1.5程度となる。従って、電界方向におけるキュアド高分子15と液晶14での屈折率の差は0.13程度となり、基板2、3と垂直な方向から入射した光は散乱することになる。ここで、二色性色素16も液晶14と同方向、つまり、電界方向に配向する為、電界方向においては色素の吸収はなくなり、白濁する。

【0052】ここで、カイラル成分をネマチック液晶14に混合しないと、基板2、3に対して垂直に入射する光のうち、液晶14の動き得る平面、つまり、図7における紙面と平行な面に振動方向を持つ偏光のみ変調を受けるため、十分な暗表示が得られず、コントラストを向上させることができない。本実施形態のようにカイラル成分を液晶14に混合すると、基板2、3に対して垂直に入射する光のうち、液晶の動き得る平面に対して平行以外の方向に振動方向を持つ偏光に対しても有効に変調がかかって暗表示がより沈むためにコントラストを向上させることができる。

【0053】そこで、上記表示素子の電気光学特性を測定した。二つの電極間に60Hzの交流電界を印加し、電圧値を変化させた時の電圧値と反射率の関係を測定したところ、従来の反射型高分子分散型液晶表示装置の電気光学特性に比べ、駆動電圧が約10分の1になり、見栄えも改善されている。電極7、10を文字の形状とし

ておけば、この表示素子は黒い鏡の中に白い文字が浮かぶように表示される。

【0054】尚、液晶としては、上記実施形態に示すものに限らず、また、表1からも分かるように、液晶の含有量は全体に対して80~93%が最適である。液晶含有量がこれより少ないと電界に対して応答しなくなり、また、これより多いと電界印加状態における散乱の強度が十分でなくなる。

【0055】本発明は、MIM素子、あるいはTFT素子などのアクティブ素子と組み合わせて明るい大容量コンピュータディスプレイ、調光素子、ライトバルブ、調光ミラーなどに応用が可能である。

【0056】本実施形態は、実施形態1において液晶中に二色性色素16を入れたゲストホスト反射型表示素子である。基本的構成は、図1に示す実施形態1と同様である。但し、液晶の中に二色性色素としてS-344(製品番号、三井東圧染料社製)を2%添加した。S-344の色素の色は黒色である。

【0057】この素子の動作原理を図8を参照して説明する。この素子に入射する自然光13は二つの偏光成分に分かれる。一つはキュアド高分子の配向方向と平行な偏光13a、もう一つはキュアド高分子の配向方向と垂直な偏光13bである。この素子に電圧を印加しない場合、図8(B)に示すように、液晶とキュアド高分子の屈折率は等しい。しかし、液晶・高分子複合層に入射した自然光13のうち、色素分子の配向方向と同じである偏光13aは、黒色の色素に効率良く吸収され反射光強度は0に近い。一方、液晶・高分子複合層に入射した自然光13のうち、色素分子の配向方向と垂直である偏光13bは、あまり吸収されず通過する。通過した偏光13bは、反射層により反射する前後において、位相差板17を往復して通過する為、偏光方向は90度回転される。その後、液晶・高分子複合層に入射する時、黒色の色素に効率良く吸収されるため、こちらも反射光強度は0に近い。

【0058】この素子に電界を印加すると、図8(A)に示すように色素分子は液晶分子によって電界方向に配向され、偏光13a、13bもほとんど吸収されることはない。この為、図2(A)と同様に、偏光13a、13bは、液晶・高分子複合層を往復して通過する際に、液晶とキュアド高分子の屈折率の差により、それぞれ散乱するため、本実施形態の表示素子は、自然光13に対する散乱効率従来のもものと比べ2倍になる。

【0059】＜実施形態4＞本発明の他の実施形態として、ガラス基板2、3の間で45度ツイストしたネマチック液晶(例として、メルク社製、商品名ZL1-1565)を液晶・高分子複合層20として用い、セル厚を2.0μmにした場合を説明する。他の構成要素は図1に示す構成と同様な構成を用いた。

【0060】基板2、3の表面にSE-150(日産化

学社製) からなる上下配向膜9、11を形成し、ラビング配向処理を行う。両基板2、3間に左ねじれカイラル剤S-811(メルクジャパン社製)を適量添加した誘電率方が正のネマティック液晶14(商品名ZLI-1565メルクジャパン社製)とUVキュアラブル液晶からなる液晶層を充填し、層厚2 $\mu$ mの液晶・高分子複合層20として挟持し、その後UV光を照射して液晶表示素子を作製した。液晶・高分子複合層20は電圧無印加時には左ねじれ45度ツイスト配向になる。本実施形態では図9に示す光学配置図において、 $\beta$ を22.5度、 $\theta$ を45度に設定してある。

【0061】このようにして得た液晶表示素子を30度入射の垂直受光の光学系を用いて、面内 $\alpha$ 方向の明状態の反射率を測定した。ただし、 $\alpha$ の0度方向を上方向のラビング軸R1と直交する方向に定める。偏光板を配置した時と偏光板無しの時の2つの場合を示す。このようにねじれ角45度のほぼ1/2にあたる $\alpha$ が22.5度のところで、明るさが最大80%になっていることが判った。単純に偏光板を配置するということだけで反射率は1/2以下にはならず、明るい表示を実現できることを見いだした。この方向に観察者の位置があると、格段に明るい表示が可能となる。尚、この場合は標準白色板を100%としている。この方向で駆動したところ、その結果を図11に示すが、この図において、縦軸は反射強度で、横軸は印加電圧を示す。例えば、電圧無印加(横軸0V)の場合、反射率1.5%の暗状態のノーマリーブラックとなり、電圧10V印加の場合、反射率87%が得られた。すなわち、正面でコントラスト比が58程度で、ヒステリシスも小さい表示が得られた。実施形態1と同様な原理により、散乱無しの暗状態と散乱状態の明状態が実現される。

【0062】

【発明の効果】本発明によれば、コントラストが良好で、閾特性にすぐれ、表示品質が均一で、反射型表示として駆動電圧を低下させることができ、信頼性の高い高分子分散型液晶表示装置を得ることができる。また、この素子を容易に製造するための製造方法を提供することが

できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る高分子分散型液晶表示装置の構造断面図である。

【図2】第1の実施形態に係る高分子分散型液晶表示装置の動作原理の説明図である。

【図3】本発明による液晶表示素子の液晶・高分子複合相において、基板に残された高分子を観察した走査型電子顕微鏡写真である。

10 【図4】本発明による線状高分子の平均幅と反射ゲインの特性図である。

【図5】本発明による反射ゲインのリターデーション依存性を表す図である。

【図6】本発明によるUV照射によるマスク照射と反射ゲインとの相関を表す図である。

【図7】第3の実施形態に係る高分子分散型液晶表示装置の構造断面図である。

【図8】第3の実施形態に係る高分子分散型液晶表示装置の動作原理の説明図である。

20 【図9】第4の実施形態に係る高分子分散型液晶表示装置の光学的配置の説明図である。

【図10】第4の実施形態に係る高分子分散型液晶表示装置のコントラストとヒステリシスおよび反射ゲインの特性図である。

【符号の説明】

2、3 基板

7 透明電極もしくは反射電極

9、11 配向膜

10 透明電極

13 自然光

13a キュアド高分子の配向方向と平行な偏光

13b キュアド高分子の配向方向と垂直な偏光

14 液晶

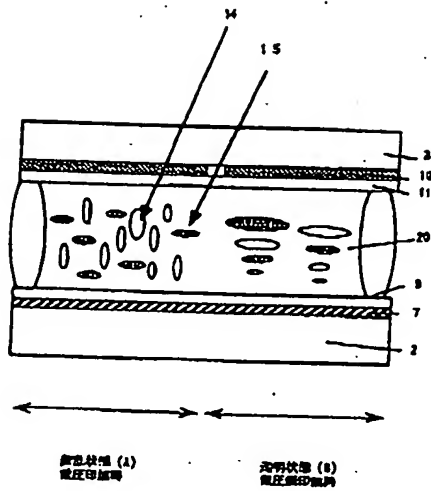
15 キュアド高分子

16 二色性色素

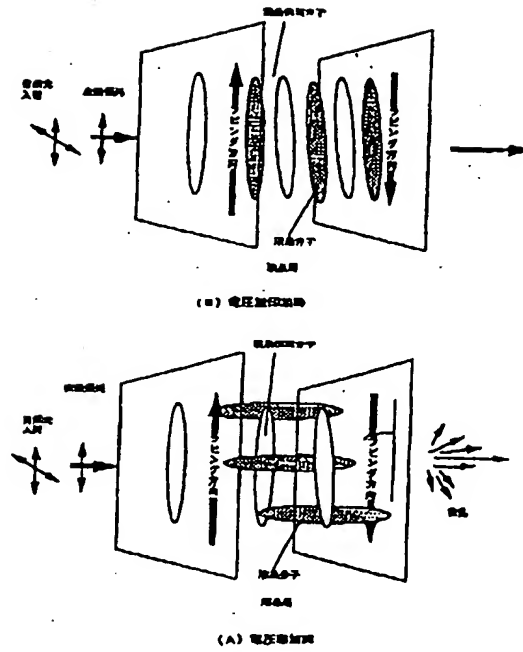
17 位相差板

20 液晶・高分子複合層

【図1】

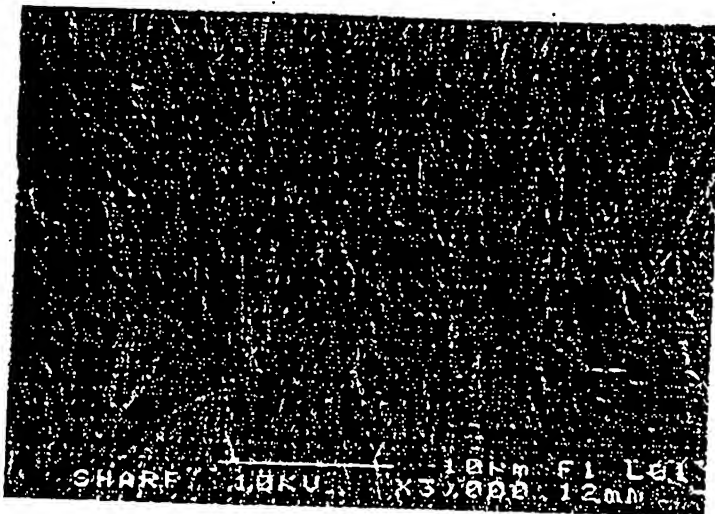


【図2】

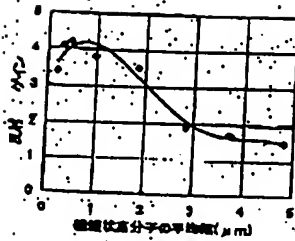


【図3】

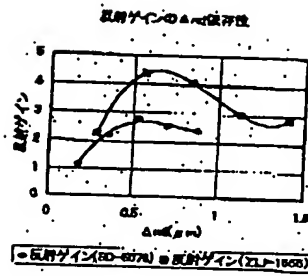
図面代用写真



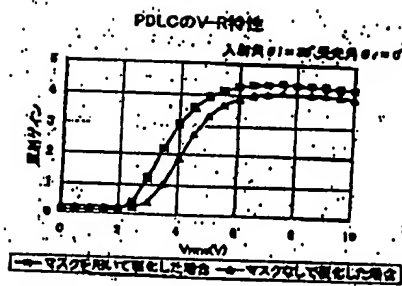
【図4】



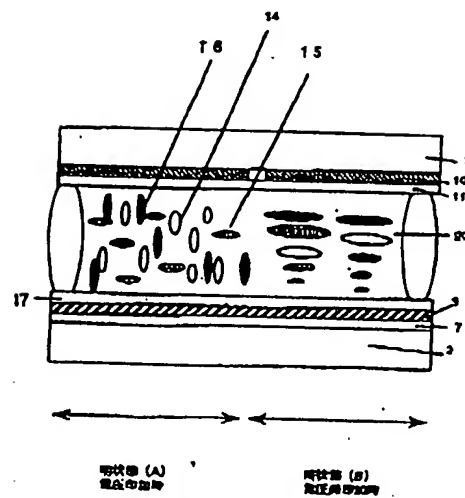
【図5】



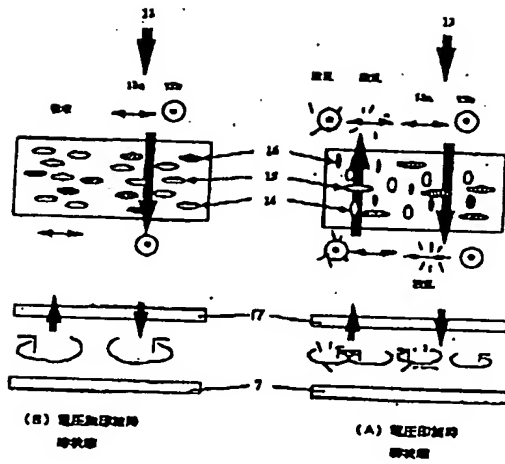
【図6】



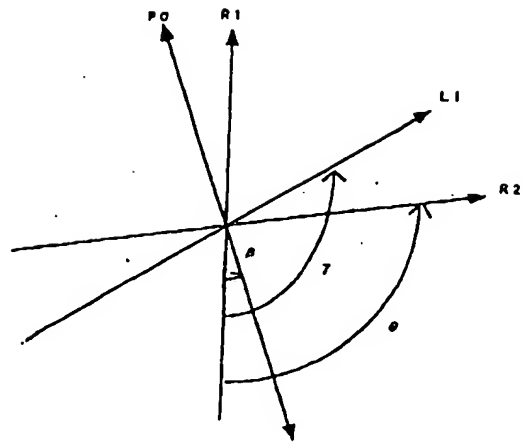
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

